

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Kone – ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikka

Jyri Neuvonen

## **Paalauslinjan käytettävyyden parantaminen**

Opinnäytetyö 2014

## **Tiivistelmä**

Jyri Hannes Neuvonen

Paalaamon käytettävyyden parantaminen, 36 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikka

Opinnäytetyö 2014

Ohjaajat: lehtori Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, Johannes Martikka, Pääväestari, Metsä Fibre Oy

Tämän opinnäytetyön aiheena oli sellutehtaan paalaamon käytettävyyden parantaminen. Työ toteutettiin Metsä Fibren Joutsenon tehtaalla ja kehityskohteenä toimi Joutsenon sellutehtaan paalaamo. Työn tavoitteena oli paalaamon käytettävyyden parantaminen kunnossapitomenetelmien, laitekehityksen ja laite/varaosa hankintojen avulla.

Työssä esitellään Metsä Fibren Joutsenon tehdasta, tehtaan paalaamon toimintaa ja tämän tueksi käytettävyyden teoriaa sekä kunnossapitoon ja siihen liittyvää teoriaa keskittyen ehkäisevään ja käyttäjäkunnossapitoon. Tässä opinnäytetyössä käytettiin apuna SAP-kunnossapitojärjestelmää, joka on käytössä Joutsenon tehtaalla.

Opinnäytetyössä määritettiin Metsä Fibren Joutsenon tehtaan paalaamon käytettävyys ja siihen liittyvät kehittämistarpeet kunnossapidon ja laite/varaosa-hankintojen avulla. Työhön sisältyi työntekijöiden haastattelua ja häiriöiden kirjaamista Excel-taulukkoon.

Työn lopussa määriteltiin paalaamon käytettävyyttä parantavia toimenpiteitä ja tehtiin niistä yhteenveto.

Avainsanat: Käytettävyyden parantaminen, kunnossapito, paalauslinja.

## **Abstract**

Jyri Hannes Neuvonen

Availability improvement in baling lines. 36 Pages.

Saimaa University of Applied Sciences

Mechanical engineering Lappeenranta

Unit of Technology, Mechanical Engineering

Maintenance Line

Bachelor's Thesis 2014

Instructors: Teacher Veli-Pekka Jurvanen, Saimaa University of Applied Sciences. Johannes Martikka, Day engineer, Metsä Fibre.

The subject of this thesis was the availability improvement of the baling lines. The work was carried out at Metsä Fibre Joutseno mill and the development target was at Joutseno mill's baling department. The goal was to improve the availability of the baling lines in the terms of maintenance procedures, equipment development and equipment/spare parts procurement.

This thesis presents the Metsä Fibre Joutseno mill, factory's baling operations and in support to this, the theory of availability and maintenance, focusing on prevention and user maintenance. In this thesis sap enterprise resource planning software was used to help gather information about the baling lines.

The study determined the availability of the baling lines at Metsä Fibre Joutseno mill and the related improvement needs with maintenance and device/spare parts purchase. The work involved interviews with employees and failure recording to an Excel spreadsheet.

At the end of the work availability enhancements of the baling lines were defined and a summary was made of them.

Keywords: Pulp mill, baling, availability.

# Sisältö

1 Johdanto .....	6
2 Yritys – ja linjaesittely .....	7
2.1 Botnia Mill Service .....	7
2.2 Metsä Fibre .....	7
2.3 Kuivaamo .....	7
2.4 Paalaamo ja paalauslinjat.....	8
3 Paalauslinjojen laitteet .....	10
3.1 Paalipuristin.....	10
3.2 Käärekone .....	11
3.3 Sitomakone1 ja 2.....	12
3.4 Paalinleimain .....	13
3.5 RFID applikaattori.....	14
3.6 Viikkaaja ja kääntöpöytä.....	14
3.7 Paalinlatoja .....	15
3.8 Suurpaalisitoja .....	16
3.9 Kippi .....	17
3.10 Ryhmitteleväkuljetin .....	18
3.11 Yksiköintisitomakone .....	18
4 Käytettävyys.....	19
5 Kunnossapito .....	19
5.1 Käyttäjäkunnossapito .....	20
5.2 Ehkäisevä kunnossapito.....	21
5.3 Häiriökorjaukset.....	21
6 Kunnossapito- ja toiminnanohjausjärjestelmä .....	21
6.1 Kunnossapitojärjestelmän toiminnot.....	22
6.2 SAP .....	22
7 Työn vaiheet .....	23
8 Alkutilanne .....	24
9 Paalauslinjan häiriöt.....	24
9.1 Häiriöiden määrä .....	24
9.2 Käärekoneiden ongelmat.....	26
9.3 RFID:in ongelmat .....	27
9.4 Viikkaajan ongelmat .....	27
9.5 Sitomakoneiden ongelmat .....	27
9.6 Yksiköintisitomakoneen (unitizer) ongelmat .....	28
9.9 Rajat ja valokennot .....	28
9.10 Linja 1 .....	29
10 Häiriöiden vähentämisen kehitysehdotelmät.....	29
10.1 Käärekone .....	29
10.2 Viikkaaja .....	30
10.3 Sitomakone .....	30
10.4 RFID .....	31
10.5 Yksiköintisitomakone .....	31
11 Muut kehityskohteet .....	33

11.1 Sähköiset kehityskohteet.....	33
11.2 Varaosat .....	33
12 Yhteenveto .....	34
Kuvat.....	35
Lähteet.....	35

# **1 Johdanto**

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on määritellä Metsä Fibren Joutsenon tehtaan paalaamon käytettävyyden nykyinen tilanne sekä löytää oikeat keinot käytettävyyden parantamiselle. Metsä Fibren tehtaan kunnossapidosta vastaa ulkoinen yhtiö OY Botnia Mill Service AB. Opinnäytetyö vaatii käytännön tutustumista paalaamon toimintaan ja siellä sijaitseviin laitteisiin, työ vaatii myös tehtaan henkilökunnan haastattelemista ja SAP-järjestelmän käyttöä.

Työn tavoite on lisätä käytettävyyttä jokaisella kolmella paalauslinjalla, mutta erityistarkastelussa ovat vientilinjat 2 ja 3, koska näillä linjoilla häiriötaajuus on ollut melko suuri viime vuosina. Paalauslinjat 1 ja 2 ovat rakennettu vanhan tehtaan aikaan vuonna 1991, ja paalauslinja 3 on rakennettu vuonna 2001 Pukeron toimesta, kun Botnia alkoi rakentaa uutta kuitulinjaa tehdasalueelle. Paalauslinja 2 modernisoitiin vuonna 2013 ostamalla sinne uusi käärekone ja viikkaaja.

Työn suurimpana edistysaskeleena on lisätä käyttövarmuutta paalauslinjoilla ja näin minimoida mahdolliset tuotannon menetykset. Tehdyt muutokset helpottaisivat kunnossapidon suunnittelua ja paalaamon henkilökunnan työmäärää.

## **Tutkimusmenetelmät**

Opinnäytetyön soveltavassa osassa tutkimusmenetelmänä toimi käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan haastattelu, häiriöiden taulukointi, varaosakulutusten seuraaminen viimevuosilta SAP-järjestelmästä ja omakohtaiset kokemukset edellisiltä vuosilta. Tiedot paalauslinjan toiminnan tavoitteista sain tehtaanjohtolta. Kunnossapitoa ja ennakkohuoltoa koskevista kysymyksistä käytiin avointa keskustelua eri ihmisten kanssa, jotta mahdollisimman monen ihmisen mielipide ja ehdotus tulisi esille. Tiedonkeruussa käytettiin hyväksi SAP-järjestelmää, josta pystyi muun muassa seuraamaan viime vuosien nimikkeellisten varaosien kulutuksen ja häiriöilmoitusten määrän osastolla.

## **2 Yritys- ja linjaesittely**

### **2.1 Botnia Mill Service**

Botnia Mill Service tarjoaa palveluita metsäteollisuuden kunnossapitoon. Palveluihin kuuluu kaikki kunnossapito- ja asennuspalvelut sekä projektointi- ja suunnittelupalvelut yksittäisistä työtilauksista kokonaisvastuullisiin kumppanuussopimuksiin. BMS vastaa kaikkien Suomen Metsä Fibren tehtaiden kunnossapidosta. Strategisen kumppanuuden pohjana on pitkä yhteistyö ja vahva molemminpuolinen luottamus. Botnia Mill Servicen omistaa Metsä Fibre ja Caverion.(1.)

### **2.2 Metsä Fibre**

Metsä Fibre valmistaa ensiluokkaisia, valkaistuja Botnia-selluja neljällä tehtaalla Suomessa. Joutsenon, Kemin, Rauman ja Äänekosken tehtaiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on 2,41 miljoonaa tonnia. Venäjällä sijaitseva Svir Timberin saha on Metsä Fibren omistama tytäryhtiö. Metsä Fibre on vakiinnuttanut asemansa Euroopassa, ja siitä on nopeasti tulossa merkittävä sellun ja osaamisen toimittaja asiakkaille Kaukoidän laajenevilla markkinoilla.(2.)

### **2.3 Kuivaamo**

Massatehtaalla keitetty ja valkaistu sellu kuivataan kuivattamolla ja ajetaan arkikileikkurin läpi arkeiksi. Arkit ladotaan paaleiksi, jotka paalataan paalaamossa.

Kuivauskone 7 on otettu käyttöön vuonna 1991. Konetta on modernisoitu vuonna 2001, jolloin myös kolmas paalauslinja rakennettiin paalaamoon. Kuivauskoneen kapasiteettia on saatu nostettua vuosien varrella huomattavasti ja nykyään täydellä nopeudella voidaan ajaa 2350 päivätonnia sellua. Kuivauskoneen mitoitettu ratanopeus on 220 metriä minuutissa ja radan leveys on 6,7 metriä. Kuivauskoneen vauhdin nostamista rajoittaa tällä hetkellä höyryn määrä.

## **2.4 Paalaamo ja paalauslinjat**

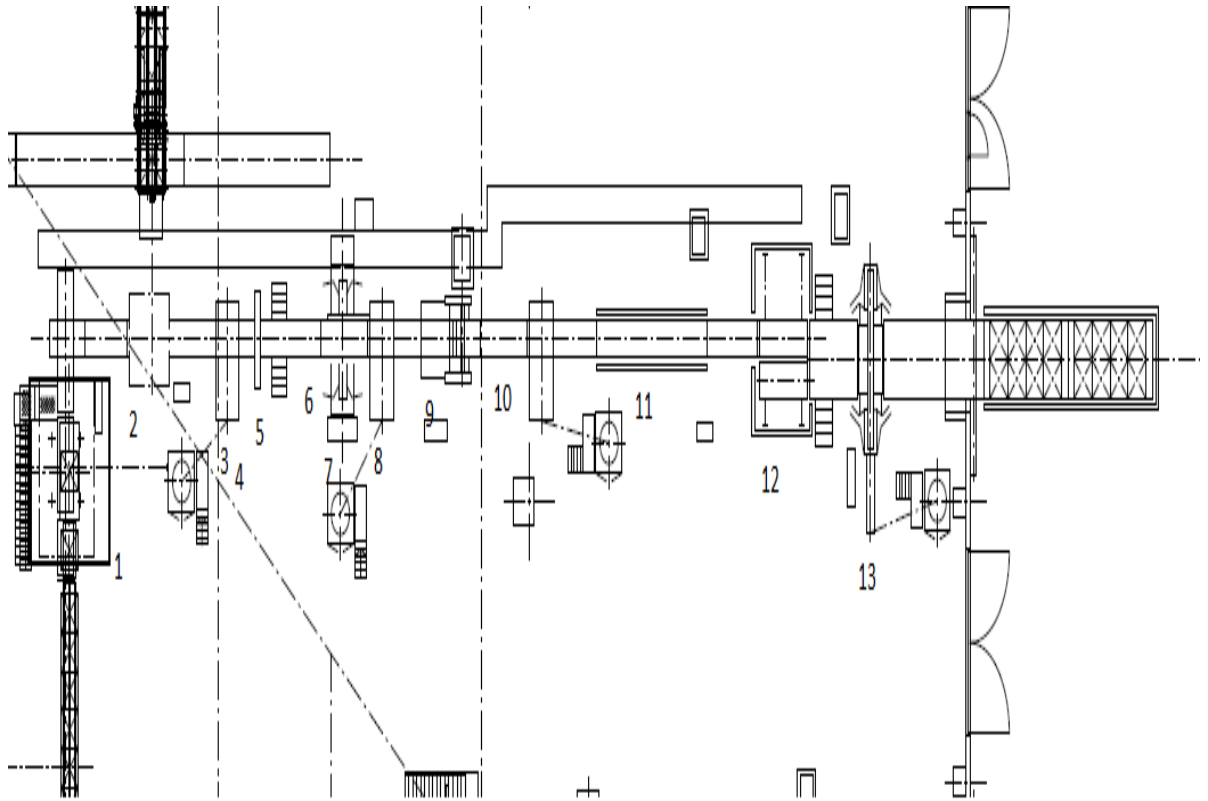
Metsä Fibren Joutsenon tehtaalla toimii kolme paalauslinjaa, jossa arkkileikkurilta tulevat selluarkit kääritään ja sidotaan nostoiksi kuljetusta varten. Yksipaali painaa n. 250 kg. Paalit sidotaan, joko vienti- tai kotimaanyksiköiksi.

Kotimaanpaketit sidotaan pelkästään suurpaalisitojalla tonnin pino kerrallaan ja ryhmitellään lopuksi 8 tonnin nostoksi, kun taas vientipaketit kääritään kääreisiin ja niputetaan yksiköintisitomakoneella kahden tonnin nippuihin, joita linjan lopussa kootaan neljä peräkkäin, jotta saadaan yksi täysi kahdeksan tonnin nosto. Paalauslinja yksi on vain kotimaanpaaleille, kun taas linjat kaksi ja kolme voivat tuottaa vienti- sekä kotimaanyksiköitä. Paalauslinjat yksi ja kaksi ovat valmistuneet vuonna 1991 ja kolmas linja on rakennettu vuonna 2001.

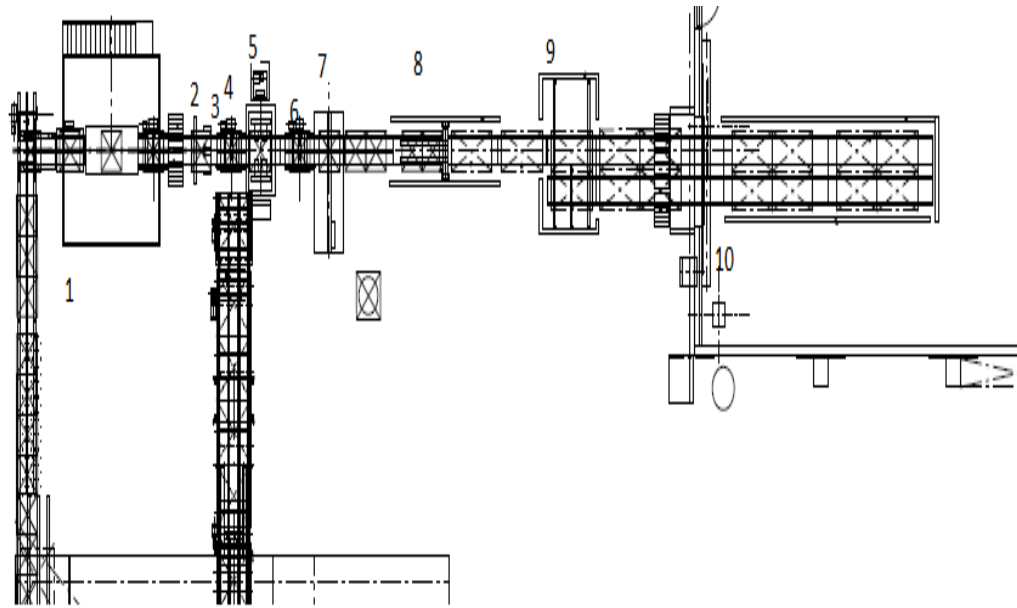
Linjaa kaksi modernisoitiin vuonna 2013 hankkimalla sinne uusi käärekone ja viikkaaja. Linjalle yksi on tulossa tulevaisuudessa vientilinja, jotta silläkin voisi paalata vientiyksiköitä kasvavan ulkomaan kysynnän vuoksi.

Kuvassa 1 on esitetty linjan 2 layout ja kuvassa 2 linjan 3 layout.





Kuva 1 Linja 2, 1 Paalipuristin, 2 Käärekone, 3 Sitomakone, 4 Paalinleimain, 5 RFID- applikaattori, 6 Kääntöpöytä, 7 Viikkaaja, 8 Sitomakone2, 9 Paalinlatoja, 10 Suurpaalisitoja, 11 Kippi, 12 Ryhmitteleväkuljetin, 13 Yksiköintisitomakone.



Kuva 2 Linja 3, 1 Paalipuristin, 2 Käärekone, 3 Sitomakone, 4 Paalinleimain, 5 RFID- applikaattori, 6 Kääntöpöytä, 7 Viikkaaja, 8 Sitomakone2, 9 Paalinlatoja, 10 Suurpaalisitoja, 11 Kippi, 12 Ryhmitteleväkuljetin, 13 Yksiköintisitomakone.

### 3 Paalauslinjojen laitteet

#### 3.1 Paalipuristin

Paalipuristimen tehtävä on puristaa 250 kg:n paali pienempään kokoon. Puristusvoima on 1000 tonnia. Käytännössä laite on suurikokoinen hydraulissylinteri. Puristimen mäntä on aina yläasennossa sen odottaessa paalia. Paalin tultua puristimeen kaksi valokennoa tunnistaa paalin olevan oikealla kohdalla ja puristin saa luvan aloittaa puristuksen. Aluksi mäntä laskeutuu paalin pinnalle ja tämän jälkeen paine alkaa nousta. Puristin ottaa käyttöön pääsylinterin apusylinterin avuksi vastuksen kasvaessa tiettyyn arvoon. Puristus jatkuu hitaana, kunnes alaraja saavutetaan. Mäntää pidetään hetken aikaa paikallaan ennen ylösnostoa. Kuvassa 3 on esitetty paalipuristin.



Kuva 3 Paalipuristin

### 3.2 Käärekone

Käärekone asettaa kääreet puristetun paalin päälle. Käärekone saa kääreensä käärelinjalta. Kääreet otetaan käärelinjalle arkkileikkurilta, jonka nopeutta hidastetaan, koneen nopeuden pysyessä samana. Tällä tavalla saadaan leikattua isompia arkkeja, joita käytetään käärimiseen.

Linjan 2 käärekone asettaa ylä- sekä alakääreen samanaikaisesti ja taas linjan 3 kone syöttää ensin alakääreen ja tämän jälkeen yläkääreen. Kääre syötetään koneeseen siten, että ensin lasketaan alas imukupit, jotka tarttuvat kääreeseen. Imukupit nostavat kääreen yläasentoon syöttörullille. Tämän jälkeen syöttörullia pyöritetään niin kauan, että kääre on koneen pöydällä. Kun kääreen syöttöpaikka on valittu, lasketaan painorullat alas ja syötetään kääre, kunnes valokenno ilmoittaa kääreen olevan oikealla paikallaan. Tämän jälkeen painorullat nostetaan ylös ja sykli aloitetaan alusta. Kuvassa 4 on esitetty käärekone.



Kuva 4 Käärekone

### 3.3 Sitomakone1 ja 2

Sitomakoneen tehtävänä on sitoa käärekoneen asettamat kääreet kiinni. Kone käyttää sitomiseen 2,3 mm teräslankaa. Sidonta tapahtuu syöttämällä lanka koneeseen. Syöttövaiheessa tarttuja on auki ja langan saavuttaessa tarttujan rajan tarttuja laitetaan kiinni. Tämän jälkeen lanka kiristetään ajamalla syöttökoneistoa taaksepäin ja suoritetaan sidonta käyttämällä sidontapyörää, joka kietoo langanpäät toistensa ympäri. Katkaisuterä leikkaa langan lopuksi poikki. Kuvassa 5 on esitetty sitomakone.



Kuva 5 Sitomakone

### 3.4 Paalinleimain

Leimakone sisältää omat leimasimet paalin sivujen sekä paalin yläpuolen merkkäamiseen. Leimakone merkkää paaliin erätiedon, laadun ja tehtaan paikkakunnan. Leimain käyttää leimaamiseen mustetta, joka ruiskutetaan paaliin. Kuvassa 6 on esitetty paalinleimain.





Kuva 6 Paalinleimain

### 3.5 RFID-aplikaattori

RFID-aplikaattori liimaa RFID-tunnisteen (radio frequency identification) paaliin. Tunnisteesta voi lukea RFID-lukijalla paalin erätiedot, joita käytetään satamissa paalin tunnistamiseen. RFID-tunnisteet eli tagit sisältävät antennin voidakseen lähettää ja vastaanottaa radiotaajuisia viestejä. Tagi näyttää ulkoapäin tarralta.

### 3.6 Viikkaaja ja kääntöpöytä

Viikkaaja viikkaa kääreet paalin muotoiseksi, jotta kääreistä tulisi siistin näköisiä ja mahdollisimman suojaavia. Viikkaus tapahtuu siten, että aluksi kääntöpöytä käännetään ylös ja suoritetaan 90 asteen kääntö. Tämän jälkeen pöytä laskeaan alas. Kulmataittajat työnnetään sisään ja käännetään kiinni-asentoon. Alataittolevyt käännetään yläasentoon ja ylätaittajat vedetään alas, minkä jälkeen

kulmataittajat vapautuvat ja paali jatkaa matkaa. Kuvassa 7 on esitetty viikkaaja.



Kuva 7 Viikkaaja

### 3.7 Paalinlatoja

Paalinlatojan tehtävänä on muodostaa yksiköitä pinoamalla neljä paalia päällekkäin. Paaleja nostetaan ylös hydraulissylinterillä toimivan pöydän/sorkkien avulla. Sivupuristuslevyt pitävät paalipinon suorana ja estävät paaleja liukumasta taaksepäin sorkkia vedettäessä pois. Paalauslinja 3:n latoja toimii hieman eri tavalla: siinä nostetaan paalitornia ylöspäin ja uusi paali tulee aina alimmaksi. Paalinlatoja on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8 Latoja

### 3.8 Suurpaalisitoja

Suurpaalisitoja sitoo kotimaan paketit. Kone sitoo kolme 2.3 mm lankaa latojalta tulleen neljän paalin pinon päälle. Suurpaalisitoja on käytössä vain kotimaan ajolla. Langan syöttö ja sidonta tapahtuu samalla tavalla kuin sitomakoneilla 1 ja 2. Suurpaalisitoja on esitetty kuvassa 9.

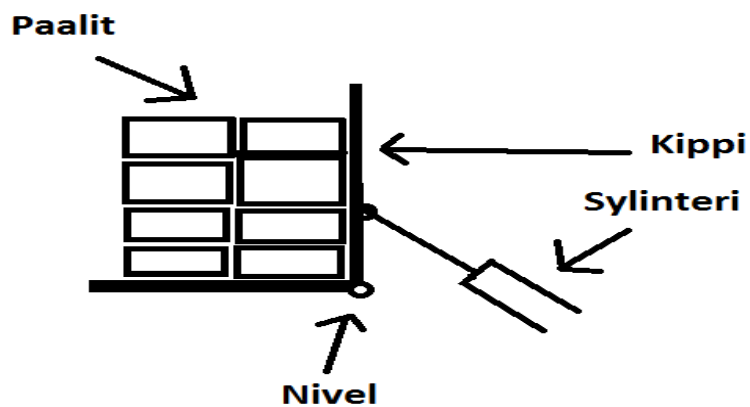




Kuva 9 Suurpaalisitoja

### 3.9 Kippi

Kipin tehtävänä on kaataa kaksi tonnin kotimaanpinoa vaakatasoon. Kippi on käytössä vain kotimaan ajolla. Neljän paalin pino tulee suurpaalisitojalta kipille, joka hydraulisylinterin avulla kaataa pinon vaakatasoon. Kuvassa 10 on esitetty kipin mekanismi.



Kuva 10 Kipin mekanismi

### 3.10 Ryhmittelevä kuljetin

Ryhmitteleväkuljetin ryhmittelee kaksi latojan pinoamaa tornia vierekkäin, jotta saadaan kahdentonnin yksikkö menemään yksiköintisitomakoneelle. Ryhmittely tapahtuu kotimaan- sekä vientiajolla.

### 3.11 Yksiköintisitomakone

Yksiköintisitomakone sitoo 6–8 kappaletta 3 mm:n paksuista teräslankaa 2000 kg:n yksikön ympärille, näistä langoista paketit nostetaan satamassa laivaan. Lankojen tulee kestää 8 tonnin veto, ja tästä syystä lankojen määrä voi vaihdella.

Ylä- ja alapalkit puristavat yksikköä, jotta paketit saataisiin sidottua mahdollisimman tiiviiksi. Muuten toiminta on samanlainen, kuin pienemmillä sitomakoneilla. Kuvassa on 11 esitetty yksiköintisitomakone.



Kuva 11 Yksiköintisitomakone

## 4 Käytettävyys

Tuotantoympäristöissä käytettävyydellä tarkoitetaan yleensä järjestelmien teknistä toimivuutta ja toimivuusastetta. Teknisissä standardeissa (PSK 6201<sup>[2]</sup>) käytettävyydellä (availability) tarkoitetaan vain käytettävyyttä ajan suhteen. Esimerkiksi, jonkun laitteen käytettävyys voi olla 98 %, jolla tarkoitetaan sitä, että laite on ollut toimintakunnossa 98 prosenttia ajasta, jolloin se on ollut päällä.(3.) Käytettävyyteen vaikuttaa mm käyttäjien virheet, laitteiston kunto ja vika-herkkyys.

Termiä saavutettavuus käytetään joskus synonyymina sanalle käytettävyys. Saatavuudella viitataan siihen, kuinka suuren osan vuorokaudesta järjestelmä on toiminnassa ja käyttäjien saatavilla. Teollisuudessa käytetään yleensä vielä termiä käytettävyys, vaikka saatetaankin puhua saatavuudesta. Saatavuus astetta on kuitenkin vaikea määritellä esimerkiksi roboteille.(4.)

Käytettävyydellä (usability) tarkoitetaan myös toisessa merkityksessä apuvälineen tai muun valmistetun esineen, palvelun tai ympäristön helppokäyttöisyyttä. Mahdollisten sekaantumisten välttämiseksi on hyvä lisätä sanan käytettävyys perään englanninkielinen termi usability tai availability.

Tässä opinnäytetyössä käytetään termiä käytettävyys kuvaamaan toimivuutta ja toimivuusastetta.

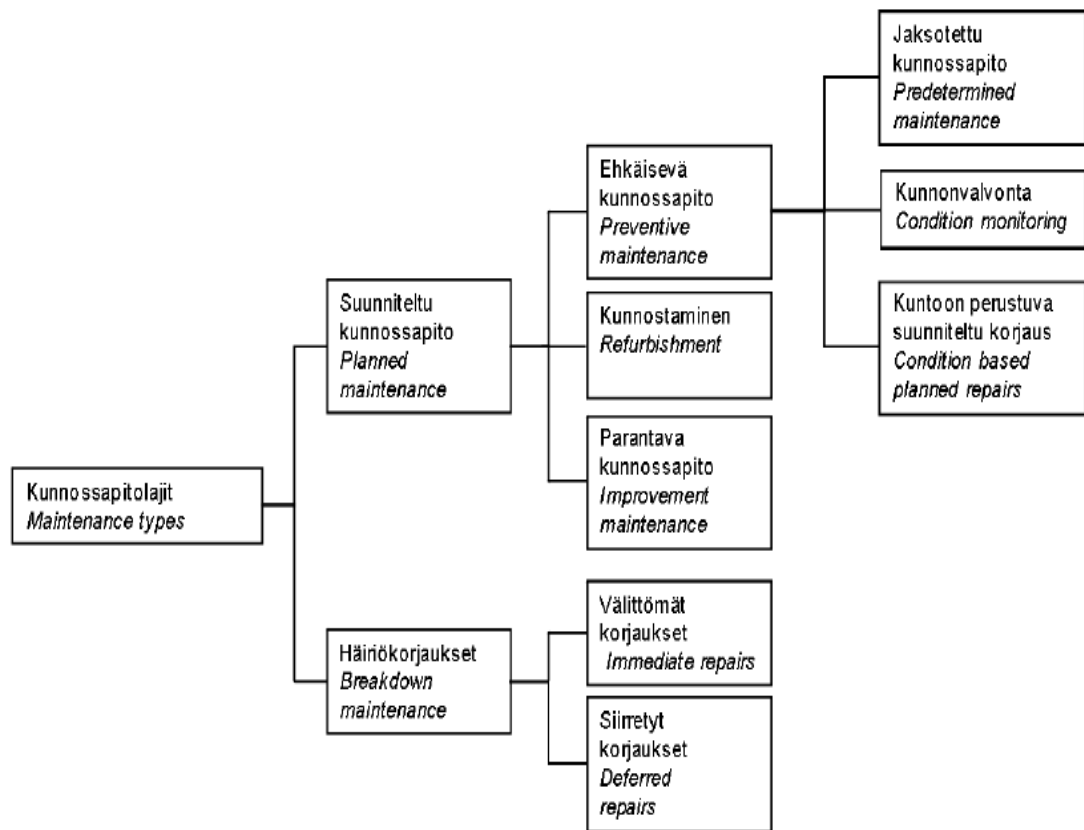
## 5 Kunnossapito

Kunnossapito on erilaisten laitteiden ja asioiden pitämistä toimintakäykyisinä siten, että ne toimivat luotettavasti ja turvallisesti.

Kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 standardissa seuraavasti:

*Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakäyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.*

Kuvassa 12 on esitetty kunnossapidon eri lajit.



Kuva 12 Kunnossapidon lajit (5.)

Tässä opinnäytetyössä kunnossapidon kannalta perehdytään lähinnä häiriökorjauksiin, ehkäisevään ja käyttäjäkunnossa pitoon.

## 5.1 Käyttäjäkunnossapito

Käyttäjäkunnossapidossa oleellisia asioita ovat laitteiden tarkastaminen ja puhdistaminen, jotta saataisiin kone toimimaan mahdollisimman luotettavasti. Koneen luotettavan toiminnan kannalta käyttäjän tulee ymmärtää koneen toiminta ja hänen on pystyttävä suorittamaan rutiininomaiset perushuollot kyseiselle laitteelle. Käyttäjien tulisi hallita toimenpiteet erilaisissa häiriötilanteissa ja pitää koneen käyttöympäristö siistinä, koska käynnissäpidon vastuu on yhä enemmän koneenkäyttäjillä.(6.)

Usein koneenkäyttäjillä on laajin tietämys koneensa käyttäytymisestä ja toiminnasta. Käyttäjäkunnossapidolla pyritäänkin siihen, että käyttäjän kokemuksen ja tietämyksen perusteella hän pyrkisi pitämään koneen niin hyvässä kunnossa, kuin se olisi hänen omansa. Koneen kanssa jatkuva työskentely edesauttaa

luomaan sellaista sidettä laitteeseen, että kaikenlaisten värinöiden ja poikkeavuuksien huomaaminen helpottuu.(6.)

## **5.2 Ehkäisevä kunnossapito**

Ehkäisevän kunnossapidon tavoite on vähentää vikaantumisia tai toimintakyvyn heikkenemistä. Tehdään säännöllisin väliajoin esimerkiksi huoltopysäytykset tai tiettyjen kriteerien täytyessä. Pitää sisällään ennakkohuoltoa ja kunnonvalvontaa.(6.)

## **5.3 Häiriökorjaukset**

Häiriökorjausten tarkoituksena on palauttaa laitteen tai koneen toimintakunto mahdollisimman nopealla aikataululla vian havaitsemisen jälkeen. Häiriökorjauksessa laite on jo vikaantunut, mikä aiheuttaa odottamattomia pysäytyksiä. Tästä korjaus mallista yritetään tänä päivänä päästä pois muun muassa kunnonvalvonnan avulla.(6.)

## **6 Kunnossapito- ja toiminnanohjausjärjestelmä**

Metsä Fibren Joutsenon tehtaalla käytetään SAP kunnossapidon tietojärjestelmää. Kunnossapidon tietojärjestelmällä ohjataan kunnossapidontoimintaa ja materiaalivirtoja. Järjestelmä lisää yrityksen tehokkuutta toiminnallisesti sekä taloudellisesti. Niissä on yleensä tarvittavat yhteydet muiden tuotantolaitosten tietojärjestelmiin. Käyttäjäkunnan muodostavat kunnossapito tai sitä hoitava ulkopuolinen yritys, tuotanto ja varastotoiminnot. Työntekijöiden merkitys kunnossapito järjestelmien käyttäjinä on kasvanut viime vuosien aikana, sillä he vastaavat pääosin tuotantoon liittyvän uuden tiedon tuomisesta järjestelmään esim. häiriöilmoitukset ja ennakkohuolto raportit.(7.)

Järjestelmään sisältyy yleensä tilaukset, tarjoukset, häiriöilmoitukset, kunnossapitopyynnöt, eri laitteiden tiedot ja varaosat ja varastonohjaus. Järjestelmiä on saatavilla usealta toimittajalta, mutta toiminnot, joita järjestelmä palvelee, on yrityksestä ja järjestelmästä huolimatta melko samanlaisia.

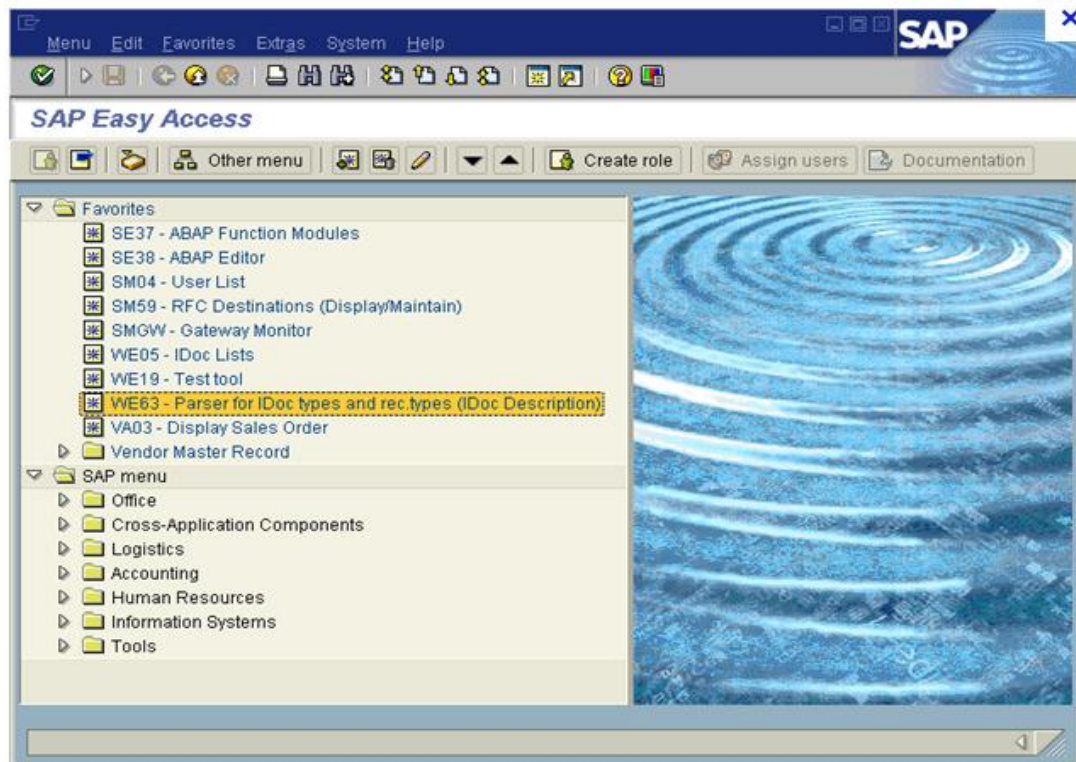
## 6.1 Kunnossapitojärjestelmän toiminnot

Kunnossapitojärjestelmä on ehdoton työväline tuotantolaitoksen toiminnan kannalta. Järjestelmällä käsitellään ennakkohuolto raportit, häiriöilmoitukset, ja pidetään yllä varaston toimintaa. Järjestelmästä löytyy kunnossapito kortisto, josta löytyy tuotantolaitoksessa olevien laitteiden tiedot, huolto-ohjeet, varaosat, ja tekniset piirustukset.

## 6.2 SAP

Joutsenon tehtaalla käytetään SAP-tuotannonohjaus järjestelmää. Se on saksalainen ohjelmisto yritys ja Euroopan suurin ohjelmistovalmistaja. Pääkonttori sijaitsee Walldorfissa Saksassa. SAP on maailmanlaajuisesti tunnettu tuotannonohjausjärjestelmien valmistaja.

Alla olevassa kuvassa 13 on esitetty SAP-ohjausjärjestelmän aloitusnäyttö.



Kuva 13 Aloitusnäyttö



## 7 Työn vaiheet

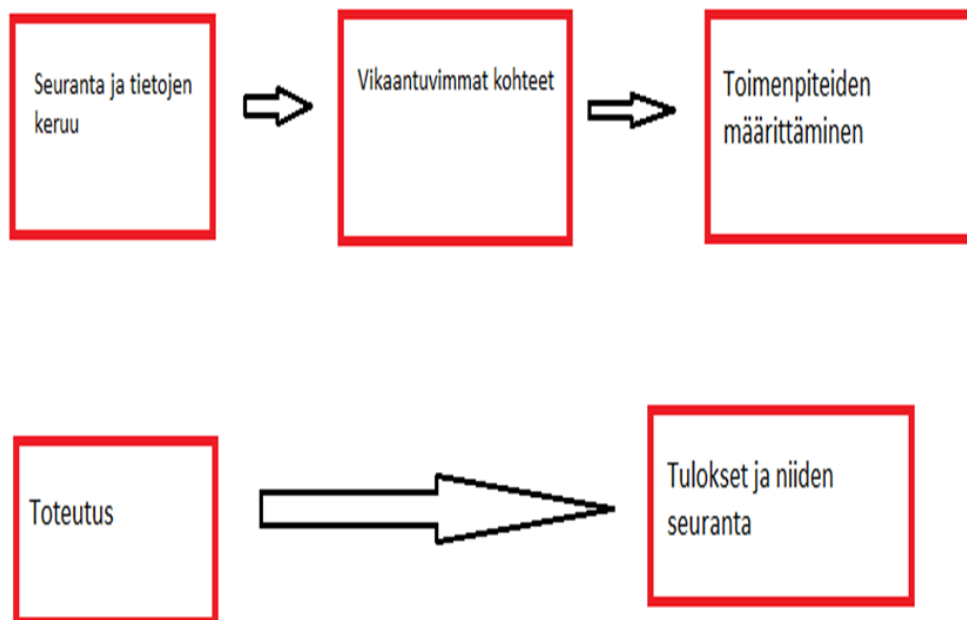
Opinnäytetyö aloitettiin kymmenen vuorokauden seurantajaksolla, jossa pyrittiin selvittämään vikaantuvimmat kohteet. Valvomoon vietiin taulukko, johon oli lisätty paalauslinjojen laitteet ja paalaamon prosessinhoitaja veti viivan tukkimiehenkirjanpidolla sen laitteen kohdalle, joka pysäytti linjan. Taulukon tuloksista tehtiin diagrammit, jotka on esitelty paalauslinjan häiriöt osiossa.

Seurantajakson aikana haastattelin paalaamon prosessinhoitajia ja kunnossapito työntekijöitä. Heiltä sain arvokasta tietoa laitteiden toiminnoista ja vioista.

SAP järjestelmästä pystyin seuraamaan viimevuosien varaosakulutusta ja häiriöilmoituksia.

Vikaantuvimpien kohteiden ja niissä esiintyvien vikojen tutkimisen jälkeen määritettiin kunnossapitomestarin ja päivämestarin kanssa toimenpiteet, joilla asiassa lähdetään eteenpäin.

Seuraavassa kuvassa 14 on esitetty työn eri vaiheet.



Kuva 14 Työnvaiheet

## **8 Alkutilanne**

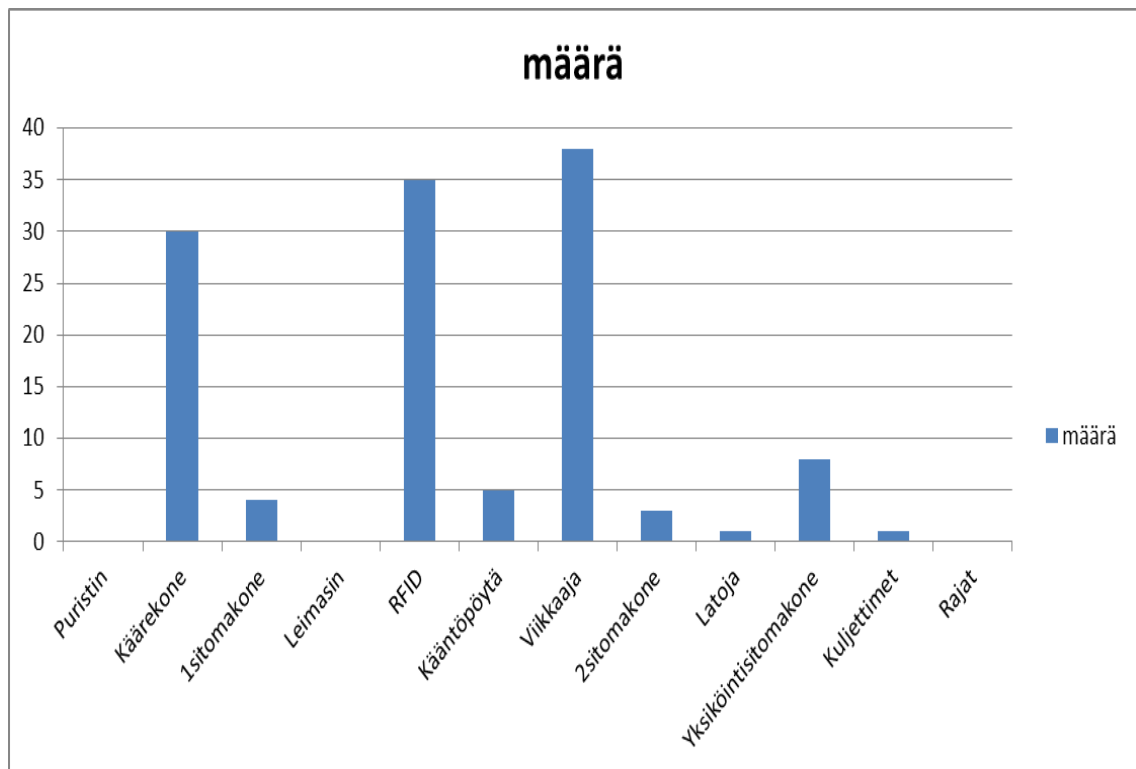
Tällä hetkellä käytettävyys paalauslinjoilla tehtaanjohdon mielestä ei ole riittävä. Käytettävyyttä olisi hyvä nostaa, koska tehtaan tuotantoa on saatu nostettua paljon viime vuosina, ja taas paalaamon läpäisy aika vientiyksiköillä on tällä hetkellä melko suuri. Kuivauskoneen vauhdin kasvaessa ja viennin lisääntyessä on tärkeää saada luotettava paalaamo tehtaalte, jotta välttyttäisiin tuotantotappioilta ja turhien kotimaan yksiköiden ajamiselta. Tällä hetkellä, varsinkin vientilinjoilla kaksi ja kolme, tapahtuu paljon erilaisia häiriöitä. Häiriön sattuessa ei ole paljon aikaa toimia ennen kuin paaleja alkaa mennä kotimaanlinjalle tai huonommassa tapauksessa hylkyluukku aukeaa ja arkit tippuvat pulpperiin. Pulpperiin menevä sellu voidaan katsoa kuivauskoneen tuotannonmenetykseksi. Myös turhan kotimaanpaalien ajaminen ei olisi suositeltavaa nykyisen pienen menekin takia. Turhien kotimaanpaalien ajaminen tulee kyllä tulevaisuudessa vähenemään, koska ensimmäiseen paalauslinjaan on suunnitteilla vientilinja, silloin päästään käärimään vienti yksiköitä kolmella linjalla.

## **9 Paalauslinjan häiriöt**

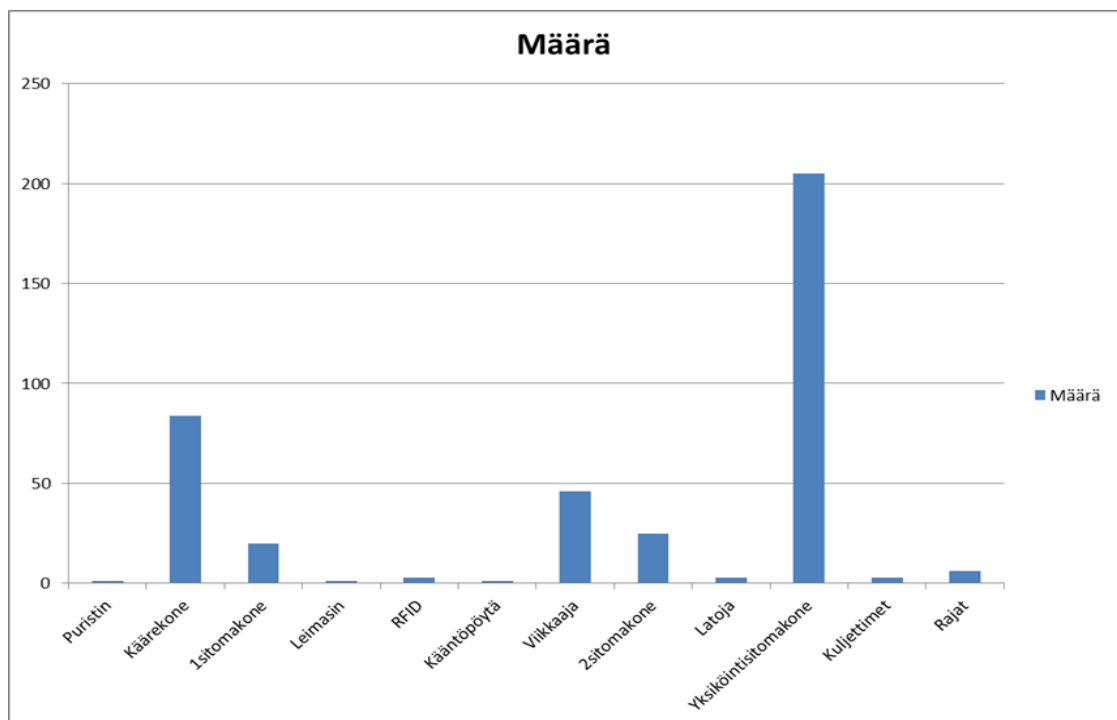
### **9.1 Häiriöiden määrä**

Seuraavalla sivulla olevissa diagrammeissa, (kuvat 15 ja 16) on esitetty paalauslinjoilla olevien eri laitteiden häiriöiden määrä linja ja laitekohtaisesti. Diagrammit ovat muodostettu seurantajakson aikana käytössä olleen taulukon tietojen perusteella. Tarkastelu väli oli kymmenen vuorokautta, jolla saatiin jonkinlainen kuva siitä, mitkä laitteet aiheuttavat häiriöitä. Diagrammiin on otettu mukaan kaikki häiriöt, jotka ovat pysäyttäneet paalauksen.





Kuva 15 Häiriöt linja 2



Kuva 16 Häiriöt linja 3

Kuvista huomataan, että paalauslinja 2:lla häiriöitä aiheuttivat käärekone, RFID-aplikaattori ja viikkaaja. Linjalla 3 taas häiriöitä esiintyi käärekoneessa, viikkaajassa ja hyvin paljon yksiköintisitomakoneessa.

Paalipuristimessa, leimauslaitteessa, latojassa ja kuljettimissa ei esiintynyt juurikaan häiriöitä seurantajakson aikana. Seuraavissa luvuissa 9.2–9.6 on käsitelty vikaantuvimpien kohteiden ongelmia.

## **9.2 Käärekoneiden ongelmat**

Käärekoneiden ongelmat johtuvat suurilta osin ruttuisista kääreistä. Alimmat kääreet menevät ruttuun risteyksissä, kun ne törmäävät vauhdilla oikaisu tappeihin. Kuvassa 17 on esitetty ruttuinen käärepaali.



Kuva 17 Ruttuinen käärepaali

Linjalle 2 ostettiin vuonna 2013 uusi käärekone, jossa ei ole suurempia vikoja ilmennyt. Välillä koneen on huomattu auraavan ylimpiä arkkeja noin 15 cm taaksepäin tai se on ottanut ruttuisten kääreiden takia kaksi käärettä kerrallaan.

Linjan 2 käärekoneeseen ei ole nimikkeellisiä varaosia liitetty Sapiin rakenneesitykseen.

Linjan 3 käärekone ei joskus jaksa nostaa käärearkkeja koneeseen sellupölyn tukkiessa ejektorin, myös käärepinkat ovat käärekuljettimella vasemmassa tai oikeassa laidassa, mikä aiheuttaa sen että kääre törmää syöttövaiheessa koneen rakenteisiin.

Linjan 3 käärekoneen yläkääreen rullat eivät tee ulkoseinän puolelta tarpeeksi terävää taitosta kääreeseen, ja tästä seuraa kääreiden huono asettuminen sidonnassa. Huonosti sidottu kääre aiheuttaa taas ongelmia viikkaajalla.(8.)

### **9.3 RFID:in ongelmat**

RFID-laitteessa ei kolmannella paalauslinjalla esiintynyt mainittavasti ongelmia.

Linjalla 2 taas häiriöitä oli suhteellisen paljon. Yleisin ongelma oli, että kone herjasi, että ei ole vakuumia. Tälle virheilmoitukselle ei ole vielä löydetty järkevää syytä, koska laitteessa oikeasti on vakuumia. Tarroissa oleva liima on ollut myös ajoittain huonolaatuista, mikä aiheuttaa sen, että tarrat eivät pysy kunnolla kiinni paaleissa.

Tarranauhan vaihtaminen koneeseen katsottiin olevan hankalaa ja aikaa vievää. Varsinkin viimeinen nippi, mistä tarrarulla täytyy pujottaa, koettiin haastavaksi.

### **9.4 Viikkaajan ongelmat**

Viikkaajan ongelmat johtuivat myös pääsääntöisesti huonoista tai kaksinkertaisista kääreistä, joita se ei jaksanut viikata.

Paalauslinja 3:n viikkaajan alataittajat jäivät muutamia kertoja yläasentoon ja kulmataittajat jäivät pohjaan. Tämän on luultavasti aiheuttanut viallinen raja-anturi.

### **9.5 Sitomakoneiden ongelmat**

Pienillä sitomakoneilla esiintyy ongelmia pehmeällä langalla, koska langasta irtoileva metallihilse tukkii lankakehät ja sitomapään.

Kuluneet sitomapäät aiheuttavat myös välillä ongelmia. Yleensä jo yksi kulunut osa sitomapäässä aiheuttaa paljon häiriöitä.

Joissain tapauksissa paali on pysähtynyt vähän väärään kohtaan, jolloin sitomakoneen kietoma lanka ei ole osunut paaliin. Tämän on aiheuttanut myös se, että kääre on ollut jotenkin rutussa tai muuten vaan huonossa asennossa, jolloin se on päässyt painamaan rajaa liian aikaisin.

### **9.6 Yksiköintisitomakoneen (unitizer) ongelmat**

Paalauslinja 3:n yksiköintisitomakoneella oli seurantajakson aikana ylivoimaisesti eniten ongelmia. Kymmenen vuorokauden aikana koneessa esiintyi yhteensä 205 häiriötä. Seuraavanlaisia vikoja on esiintynyt laitteessa.(9.)

- Sitomapää tekee solmun mutta ei kiristä.
- Lanka ei mene perille asti, eli se törmää johonkin.
- Katkaisuterä ei leikkaa lankaa poikki.
- Lanka tarttuu kiinni kuluneisiin sieluihin.
- Sidonta ongelmat.
- Tarttujan ongelmat.
- Öljyvuodot
- Palkkien puristusongelmat

Paalauslinja 2:n yksiköintisitomakone toimi seurantajakson aikana melko hyvin, vain muutamia langan syöttöön liittyviä ongelmia esiintyi.

### **9.9 Rajat ja valokennot**

Rajoissa ei seurantajakson aikana ilmennyt paljoakaan ongelmia. Rajoissa esiintyy yleensä ongelmia vain, jos ne eivät ”näe” tunnistettavaa asiaa eli ne ovat siirtyneet pois paikaltaan tai ne ovat niin likaisia, että rajan toiminta estyy. Välillä rajoja, kuitenkin menee rikki, joten yleisimpiä rajoja olisi hyvä olla sähköisten varaosien kaapissa, josta ne olisi helppo löytää.

## 9.10 Linja 1

Kotimaan linjan häiriöiden tutkimiseen ei käytetty paljon aikaa, koska linja tullaan kesällä rakentamaan uudestaan. Seuraavanlaisia ongelmia kuitenkin nousi haastatteluissa esiin linjan 1 kohdalla. Paalin latoja kaataa välillä paketteja linjalle ja suurpaalisitojan sitomapääongelmat.

## 10 Häiriöiden vähentämisen kehitysehdotelmät

### 10.1 Käärekone

Ruttuiset kääreet olivat suurin ongelmien aiheuttaja molemmissa käärekoneissa. Painaumat kääreisiin aiheuttaa kuljettimien risteyksissä olevat oikaisutapit, kun käärepaketti ajaa niitä kovalla vauhdilla päin. Tappeja voisi leventää, jotta käärepaketteihin kohdistuva isku ei olisi niin terävä. Toinen vaihtoehto olisi laittaa taajuusmuuttaja käärekuljettimiin ennen risteyskohtaa, jotta nopeutta saisi hidastettua ennen törmäystä tappeihin. Kuvassa 18 on esitetty oikaisutappi, johon paali törmää.



Kuva 18 Oikaisutappi

Linjan 2 käärekoneen paalien auraus johtuu korkeiden paalien törmäämisestä koneen rakenteisiin. Sisäänmenoaukkoa tulisi suurentaa törmäysten välttämiseksi. Kahden kääreen samanaikainen otto taas johtuu osaltaan ruttuisista kääreistä ja osaltaan siitä, että koneessa on niin voimakkaat imukupit, jotka syöttävät kääreitä koneeseen.

Linjan 3 käärekoneessa taas voisi olla suuremmat imukupit, jotta sillä olisi enemmän voimaa nostaa kääreitä koneeseen. Käärekoneen nousevaan pöytään voisi lisätä yhden rajan, joka linjaisi käärepinon oikean laidan kohdalleen koneeseen nähden. Tämä vähentäisi käärearkkien törmäämistä koneen rakenteisiin syöttövaiheessa. Ejektoreita voisi olla koneessa kaksi, niin toisen tukkeutuessa voisi laittaa sen ohitukselle. Koneen kääreenohjaimet olisi hyvä suunnitella paremmiksi, jotta kääre menisi kunnolla paketin päälle.

## **10.2 Viikkaaja**

Viikkaajan ongelmat vähenevät, kun saadaan kääreet menemään oikealla tavalla pakettien päälle.

Linjan 3 viikkaajassa on alataittajassa vain toisella puolella asennon tunnistus raja. Toiselle puolelle pitäisi asentaa myös raja, koska välillä alataittaja jää yläasentoon, koska mikään raja ei tunnista, että se on ylhäällä.

## **10.3 Sitomakone**

Pehmeämmästä langasta irtoaa metalli hilsettä, joka tukkii koneen osia. Tähän auttaa se, että siirrytään käyttämään kovempia tai pinnoitettuja lankoja, joista ei irtoa metallia. Kovempi lanka taas tylsyttää sitomapään katkaisuterää, joten tertiä joutuu todennäköisesti vaihtamaan useammin. Kovemman langan käyttö on koettu kuitenkin paremmaksi vaihtoehdoksi.

Lanka jää välillä kiinni huonokuntoisiin lankahäkkien sieluihin. Huonokuntoiset sielut voisi korvata uusilla. Osa uudemmissa sieluista on kulunut rajusti vääräntyyppisen nostotekniikan vuoksi, eli sieluja tulisi nostaa trukin sorkilla niille varatulta paikalta, jotta välttyttäisiin ennenaikaiselta kulumiselta.

Sitomapäiden säännöllinen puhdistus metallihilseestä voisi auttaa solminta ongelmissa. Lankakehät olisi hyvä vaihtaa heti silloin, kun lanka alkaa jumiutua kehälle, koska yleensä silloin kehän jostain osasta on karkaistu pinta kulunut jo pois.

#### **10.4 RFID**

Linjan 2 RFID-aplikaattorin vakuuiongelmaa on jo yritetty selvittää, mutta se ei ole vielä ratkennut. Todennäköisesti joutuu ottamaan yhteyttä laitteen valmistajaan. Linjan 3 applikaattori on toiminut hyvin.

Tarrat jäävät välillä huonosti kiinni sellupaketteihin, joten pitäisi selvittää tarrojen toimittajan kanssa, miksi liima on huonoa. Huonolla liimalla oleva tagi-rulla kannattaa vaihtaa aina uuteen, jotta ei tulisi paalien luentaongelmia tarrojen puuttuessa. Uuden tarranauhan asettamisesta laitteeseen voisi tehdä paremman ohjeen tai, jos mahdollista, tulevaisuudessa keksiä helpompi keino nauhan asettamiseksi koneeseen.

#### **10.5 Yksiköintisitomakone**

Kovemman langan käyttö vähentää metallihilseen määrää, mutta se myös kuluttaa sitomakoneen osia enemmän. Kovemman langan käyttö on kuitenkin koettu paremmaksi vaihtoehdoksi, jos sitomakoneen osat ovat hyvässä kunnossa.

Linjan 3 yksiköintisitomakoneen langan kiristys on aikaan perustuva ja linjalla kaksi taas paineeseen perustuva, paineeseen perustuva kiristys on koettu paremmaksi vaihtoehdoksi.

Sitomakoneen lankakehät ovat todennäköisesti pintakarkaistuja, koska tumman pinnan häviämisen jälkeen kehän osat alkavat kulua todella nopeasti ja lanka ei enää kulje kunnolla urassa. Lankakehän osia voisi harkita vaihdettavaksi tietyin väliajoin, vaikka vuosittain.

Osa lankahäkkien sieluista on niin kuluneita, että lanka tarttuu teräviin reunoihin kiinni. Uusin sieluihin tehtävä pieni muutos lisäämällä metallilevy sielun yläosaan, mikä estää trukin sorkkaa kuluttamasta putkia (kuva 19).



Kuva 19 Sielu

Sitomapäitä voisi olla yksi varalla, jos ajonaikana hajoaa laitteesta sellainen osa, että sitomapään joutuu purkamaan, niin voisi vaihtaa varakoneen tilalle ja laittaa rikkiäisen laitteen korjaukseen.

Kun yksiköintikone on sitonut kolme nostoa valmiiksi, niin neljäs nosto jää odottamaan ryhmittelevälle kuljettimelle. Tästä neljänneestä nostosta, eli 8 tonnin yksiköstä yksi 2 tonnin yksikkö voisi mennä jo valmiiksi sidottavaksi, koska yksiköintikone olisi vapaa tuolloin.

Valmiiden nostojen purkaus varastoon on melko hidasta, eli kun varastosta nostaa paketin ilmaan ja ajaa trukin pois silmukasta, niin viive on linjalla kaksi noin 40 sekuntia ja linjalla kolme noin 30 sekuntia, ennen kuin seuraava paketti siirtyy kuljettimen päähän. Silmukan tehtävä on tunnistaa trucki, että se on lähellä kuljetinta. Aikaa voisi lyhentää vaikka 15–20 sekuntiin, jotta linjojen purkaus olisi nopeampaa.



## **11 Muut kehityskohteet**

### **11.1 Sähköiset kehityskohteet**

Paalaamon ups on rikki (uninterruptible power supply). UPS tehtävä on sähkökatkostilanteessa tarjota virtaa paalaamon logiikalle. Tätä laitetta ei voi korjata eli ostettava uusi laite.

Paalipöydän vaaka on vanha ja kulunut, joten se pitäisi uusida lähitulevaisuudessa. Pöydän kiinnikkeet ovat myös melko heikkoja, joten niitä voisi vahventaa.

Paalaamon releet vanhoja ja epävarmoja. Niiden uusiminen olisi aiheellista tulevaisuudessa.

Paalaamon IND-rajat tulee yhdenmukaistaa. Tällä hetkellä löytyy ainakin kahdenlaisia rajoja, ja on olemassa sekaantumisen vaara. Osa kuljettimien rajoista on puutteellisesti merkitty tai niistä puuttuu merkintä kokonaan. Pitäisi selvittää rajojen laitepaikka ja merkitä ne oikealle paikalleen.

Sähköisille varaosille voisi luoda oman varaosakaapin paalaamon sähkötilaan, jotta pöly ja kosteus, ei vahingoittaisi niitä.

Paalauslinjojen ohjauspulpetteihin ehdotettiin lisättäväksi näyttöä, joka ilmoittaisi rajojen tilan, eli näyttäisi, mikä raja on päällä/pois tai rikki.

### **11.2 Varaosat**

Haastattelujen perusteella varaosia toivottiin saatavaksi paalaamon läheisyyteen, koska varaosien etsimiseen varastosta kuluu paljon aikaa ja osia kuluu melko paljon. Varaosien läheisyys pienentää kynnystä vaihtaa kulunut osa, koska ei tarvitse lähteä etsimään varastosta osaa. Varaosat tulisi olla kaapissa nimikkeellisenä, jotta varaosakaapin täydennys olisi sujuvaa ja helppoa.

Kaappiin tulevista varaosista voitaisiin tehdä lista käyttö- ja kunnossapitohenkilökunnan kanssa, jotta saadaan molempien toiveet esille. Varaosien sijoittelu voitaisiin myös käydä yhdessä läpi työntekijöiden kanssa.

Paalipöydän arkinlatojan rajoja KLASHKA m18r-11/9kk ja MAS/LA 11/9kk ei ole nimikkeellisenä varastossa. Kriittinen varaosa, koska leikkuria ei voida ajaa, jos rajat menevät rikki. Löytyy yksi kappale tällä hetkellä paalaamon sähkötilasta, mutta rajasta voisi tehdä nimikkeellisen ja lisätä se varaosakaappiin, jotta kaikki häiriön sattuessa löytäisivät oikean rajan.

## 12 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli paalauslinjan käytettävyyden parantaminen. Käyttö- ja kunnossapitohenkilökuntaa haastateltaessa selvisi huomattava määrä pieniä käytettävyyteen vaikuttavia puutteita.

Työn ensimmäisessä osassa selvitettiin paalauslinjan tämän hetkinen toiminta ja toisessa osassa pyrittiin selvittämään käytettävyyteen liittyvät ongelmat. Aihealue rajattiin käsittämään lähinnä paalauslinjoja 2 ja 3, koska linja 1 on kotimaanlinja ja siihen ollaan kesällä rakentamassa uutta käärelinjaa.

Paalauslinjojen laitteet toimivat automaation osalta hyvin, eikä linjojen suorittamisissa toiminnoissa havaittu suuria puutteita. Pientä hitautta esiintyi paikoin laitteiden toiminnoissa, varsinkin varastokuljettimissa, joiden viiveitä saatiin kuitenkin pienennettyä. Rajoja joutuu vaihtamaan silloin tällöin, ja linjan 3 käärekoneeseen ja viikkaajaan pitäisi saada lisää rajoja, jotta koneiden luotettavuus paranisi.

Paalauslinjojen laitteissa onkin lähinnä mekaanisia, suurelta osin kulumisesta johtuvia vikoja. Laitteet ovat kovalla käytöllä ja niiden toiminta on sen tyyppistä, että se altistaa koneet kulumiselle. Laitteita täytyy huoltaa säännöllisin väliajoin, jotta ne kestäisivät toimintakuntoisina, eli huoltopysäytyksiä on hyvä pitää 2–3 viikon välein. Tulevaisuudessa, jos on mahdollista, kuluvien osien tilalle, voisi suunnitella jotain kestävämpiä materiaaleja. Kuluvimpia laitteita ovat sitomakoneet, koska lanka kuluttaa melko tehokkaasti varsinkin kehiä ja sitomapäitä.

Ruttuiset kääreen reunat aiheuttavat paljon ongelmia käärekoneilla ja sitä kautta viikkaajilla. Painaumat aiheuttavat kääreiden tarttumista toisiinsa kiinni ja tätä

kautta ongelmia syöttötilanteessa. Painaumia tule kääreisiin risteyksissä ja paalipöydällä kääreiden taittuessa ketjujen väliin.

Yksiköintisitomakone oli kaikista vikaantuvien kohde seurantajakson aikana. Koneen ongelmat olivat samantyyppisiä koko aikana.

Varaosakaapit tehtiin paalaamoon, koska koettiin, että varaosien etsimiseen varastosta kuluu liikaa aikaa. Sähköpuolen varaosat tulevat eri paikkaan kuin mekaaniset osat pölyisyyden takia. Jatkossa on vain huolehdittava kaappien toimivasta täytöstä.

## Kuvat

- Kuva 1. Linjan 2 layout, s 9
- Kuva2. Linjan 3 layout, s 10
- Kuva 3. Paalipuristin, s 11
- Kuva 4. Käärekone, s 12
- Kuva 5. Sitomakone, s 13
- Kuva 6. Paalinleimain, s 14
- Kuva 7. Viikkaaja, s 15
- Kuva 8. Latoja, s 16
- Kuva 9. Suurpaalisitoja, s 17
- Kuva 10 Kipin mekanismi 17
- Kuva 11. Yksiköintisitomakone, s 18
- Kuva 12. Kunnossapidonlajit, s 20
- Kuva 13. SAP- aloitusnäyttö, s 22
- Kuva 14. Työnvaiheet, s 23
- Kuva 15. Linja 2, s 25
- kuva 16. Linja 3, s 25
- kuva 17. Ruttuinen kääre, s 26
- Kuva 18. Oikaisutappi, s 29
- Kuva 19. Sielu, s 32

## Lähteet

1. Metsä Fibren kotisivut, [www.metsagroup.fi/metsafibre](http://www.metsagroup.fi/metsafibre), Luettu 12.2.2014
2. Caverion Oy:n kotisivut, [www.caverion.fi/bms](http://www.caverion.fi/bms), Luettu 12.2.2014
3. ITIL-sanasto ja lyhenteet, 146 s. 2011
4. PSK 6201, Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät. 30 s. 2. p. 2003
5. PSK Standardisointi, Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2013, 2010 2. painos, PSK 7501 s.32.
6. Järviö, Piispa, Parantainen, Åström. 2007. Kunnossapito, kunnossapidon julkaisusarja, n:o 10. Helsinki: KP-Media Oy. 08/2007, s.52, 72-73.

7. Kunnossapito menestystekijä. 2013, [www.edu.fi/oppimateriaalit](http://www.edu.fi/oppimateriaalit), Luettu 19.2.2014.
8. SAP- ilmoitus vuoro 5. 5.3.2014.
9. SAP- ilmoitukset yksiköintisitomakone3 1.1.2010- 8.3.2014.